


Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des hydrocarbures et des énergies renouvelables et Sciences de la terre et l'univers

Département de production

La Géophysique

Préparé par :

- Feroui Merouane
- Fellah Med Ramzi
- Barkat Mohamed El Fares
- Laaouer Ahlam
- Hebbachi Djihan

Sous la supervision du prof :

- Mr. REMITA A/R

Année universitaire: 2020/2021

Sommaire

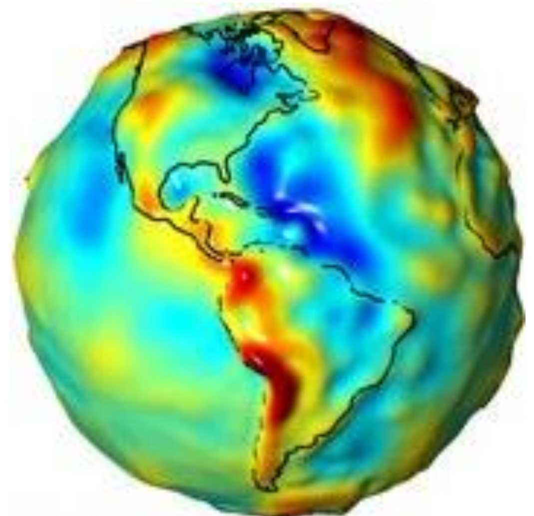
Introduction

Les Géosciences ce sont ensembles des disciplines scientifiques permettant d'étudier la terre, on peut classer les disciplines selon le moyen d'étude ou l'objet (par exemple par le l'objet, il Ya La sédimentologie qui d'intéresse a l'objet de sédiments, et par le moyen comme la géochimie, la géophysique ...), donc c'est quoi la géophysique ? Comment elle évoluer avec le temps ? Quelle les types de cette science ? quelle les méthodes suivis dans cette branche ? quelle est l'application de cette science sur notre domaine pétrolière ? quelle est l'importance de la géophysique ?

Définitions

La **Géophysique** ou bien physique de la Terre, c'est un Science appliquant les méthodes de la physique à l'étude de la Terre, de ses enveloppes liquides ou gazeuses où terme regroupant toutes les disciplines ayant pour objet l'étude des corps planétaires par leurs propriétés physiques et les applications que l'on peut en tirer.

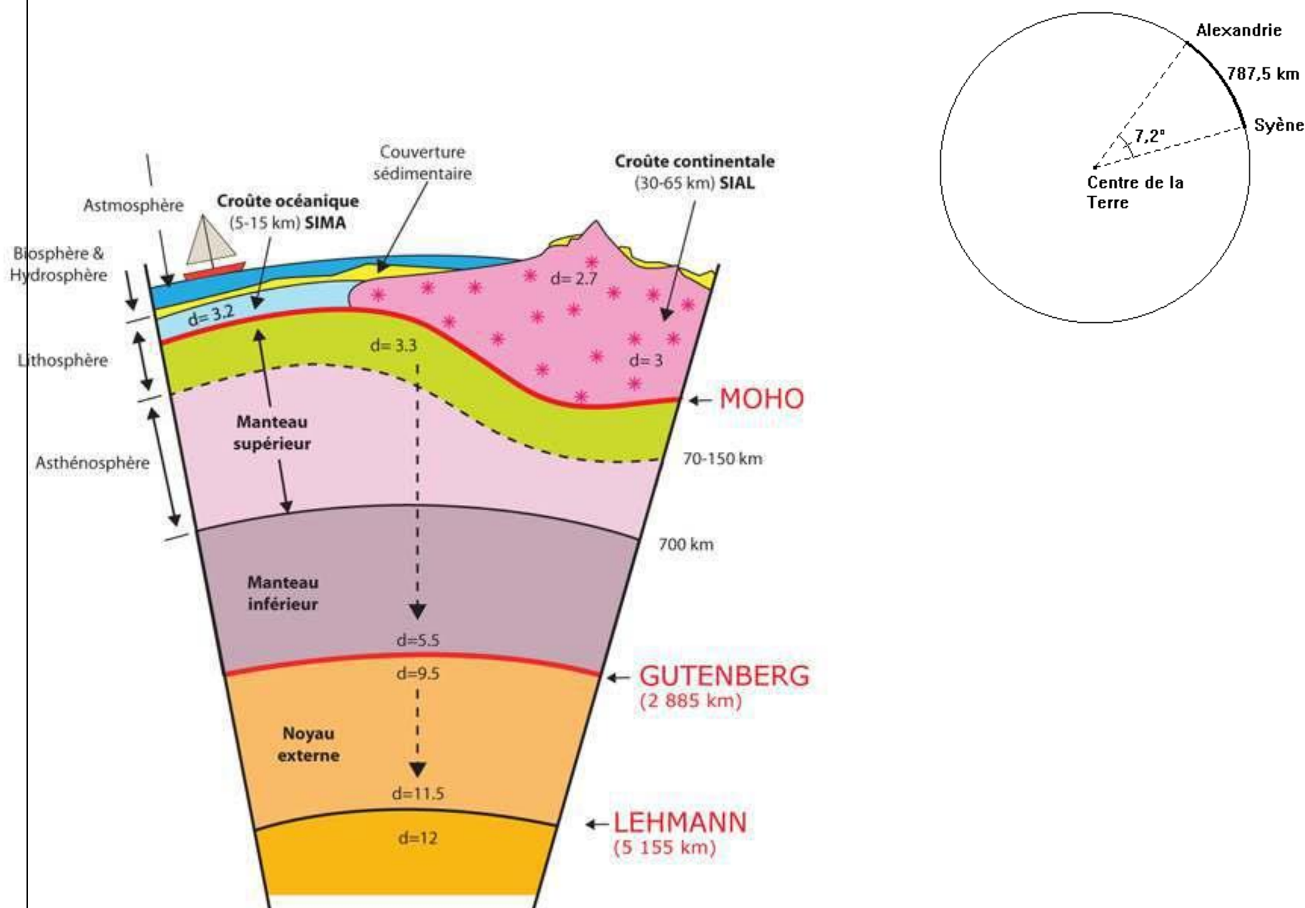
Ou bien La **géophysique** est une discipline importante des sciences de la Terre. Elle concerne l'étude des caractéristiques physiques de la Terre, ou d'autres planètes, utilisant des techniques de mesures indirectes (gravimétrie, géomagnétisme, sismologie, radar géologique, résistivité apparente, etc.)



Historique

Tout d'abord cette science est évoluée beaucoup avec le Progrès et le grand avancement de la technologie et l'évolution de la matériel utilisée dans toutes les opérations de cette branche, on peut parler sur des stations importantes dans l'histoire de cette science

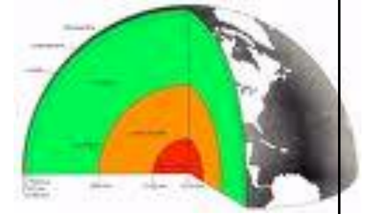
- <u>18e siècle :</u> avec calcul du rayon de la Terre et les mesures exactes de la longueur d'un arc de méridien d'un degré (La Condamine, Von Humbolt).
- <u>19e siècle :</u> origine interne du champ magnétique terrestre (Gauss).
- <u>20e siècle :</u> progrès techniques, dispositifs de mesures électroniques : Sismologie : graine, noyau, manteau (Lehmann1936 ; Oldhan 1906 ; Mohorovicic 1909)



Alexandrie
787,5 km
Syène
7,2°
Centre de la Terre

Les types de géophysique

D'après les informations précédentes on peut distinguer trois types de la géophysique : La géophysique interne et la géophysique externe et la géophysique des couches-limites

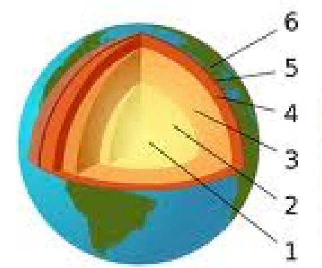


1- La Géophysique interne : Étude de l'intérieur des planètes et particulièrement la Terre.
2- La Géophysique des couches-limites : Étude de la couverture non minérale des planètes comme : Météorologie, Océanologie, Hydrologie, etc…
3- Géophysique externe : la climatologie, l'aéronomie, l'étude de l'ionosphère et de la magnétosphère.

La différence entre les trois types c'est le milieu d'étude et Les moyens et les outils utilisés et le domaine d'utilisation.

La Géophysique interne

La géophysique interne c'est l'Étude de la structure et l'histoire des composants telluriques de la Terre à partir de mesures de leurs caractéristiques physiques.



Les propriétés physiques des matériaux terrestres sont : Gravité, Mécanique, Thermique, électromagnétique

D'après ces propriétés il Ya plusieurs méthodes et outils utilisés pour déterminer les caractères de la terre tel que : Gravimètre, Flux de chaleur, Magnétisme, Sismique, Électriques, Électromagnétisme.

Le Gravimètre : La gravimétrie consiste à mesurer, étudier et analyser les variations dans l'espace et dans le temps du champ de pesanteur de la Terre et des autres corps du système solaire. Elle est étroitement liée à la géodésie, qui a pour objet l'étude de la forme de la Terre, la mesure de ses dimensions et de ses déformations. La gravimétrie est l'une des disciplines fondamentales de la géophysique.

Son champ d'application couvre différents objectifs, parmi lesquels on peut citer :

• L'étude de la structure interne à diverses échelles. En effet, les anomalies de pesanteur ou les anomalies du géoïde s'expliquent par la présence d'hétérogénéités de masse dans le sous-sol, depuis la subsurface jusqu'au noyau ! La gravimétrie est donc utilisée en géophysique appliquée et en physique du globe.

• L'étude de ces anomalies permet également de caractériser le comportement mécanique de la lithosphère, développement moderne du concept d'isostasie qui caractérise la façon dont la partie externe du globe terrestre réagit sous l'action de
forces comme le poids d'une chaîne de montagne.

• L'étude des variations temporelles de la pesanteur relève historiquement du domaine des marées terrestres, il s'agit des variations de la pesanteur dues principalement à l'action de la Lune et du Soleil sur le globe terrestre.

• Les changements au cours du temps de la répartition des masses dans le

système
Terre modifient la pesanteur et le géoïde

Donc Le gravimètre se base sur la densité des matériaux, La densité est un paramètre physique qui varie en fonction de la nature des milieux géologiques. Par définition la densité d'un corps est le rapport entre la masse volumique de ce corps et la masse volumique de l'eau.

Une même roche aura une densité variable en fonction de divers paramètres tels que sa porosité, son contenu en eau, sa température et la pression à laquelle elle se
trouve. Des sédiments enfouis profondément, donc compactés, auront une densité
plus élevée que ceux qui seront restés proche de la surface (La valeur moyenne pour la croûte continentale superficielle, 2,67 a été choisie comme valeur standard de référence dans les débuts de la prospection gravimétrique, et ce standard est toujours largement utilisé dans les calculs de cartes d'anomalies),

Donc, ce sont les variations de densité dans le globe terrestre qui vont créer des variations de la pesanteur

L'accélération de la pesanteur (généralement appelée simplement pesanteur) à la
surface de la Terre est l'accélération que subit tout point massique de cette surface du
fait de :

- l'attraction newtonienne de l'ensemble des masses de la Terre, qui crée l'accélération gravitationnelle encore appelée gravité,
- l'accélération centrifuge due à la rotation de la Terre.

D'après ces deux phénomènes on peut extrait la loi de l'accélération de la pesanteur

$$g = \frac{GM}{r^2}\left[1 - \frac{3}{2}\frac{a^2}{r^2}J_2(3\sin^2\phi - 1)\right] - \omega^2 r\cos^2\phi$$

NB : la surface d'une Terre théorique considérée comme homogène et en rotation

La valeur moyenne de la pesanteur à la surface du globe est de l'ordre de 9,81 m · s-2.
L'abréviation pour le milligal est noté mGal, celle du microgal est µGal. On a donc finalement
1 mGal = 10-5 m · s-2 et 1 µGal = 10-8 m · s-2.
La valeur moyenne de la pesanteur à la surface du globe est donc de 981 000 mGal.

Sismique

La sismique consistent à étudier les propagations des ondes sismiques à l'intérieur de la Terre dans le sol et le sous-sol, ou bien c'est une technique de mesure indirecte qui consiste à enregistrer en surface des échos issus de la propagation dans le sous-sol d'une onde sismique provoquée. Ces échos sont générés par les hétérogénéités du sous-sol. Le passage par exemple d'une couche d'argile à une couche de sable dans une colonne sédimentaire va se traduire par la présence d'un réflecteur sur les enregistrements. Selon le mode de propagation de l'onde : réfléchie sur, ou transmise le long de cette interface, on parle de sismique réflexion ou de sismique réfraction.

Le temps d'arrivée de l'écho permet de situer la position de cette transition dans l'espace ; l'amplitude de l'écho apporte des informations sur certains paramètres physiques des milieux en contact.

En résumé, les études sismiques fournissent une image de la structure du sous-sol (figure 2), et dans certains cas des informations sur sa nature.

La sismique est donc employée par une large gamme de scientifiques et d'industriels : géologues et géophysiciens, pour des travaux qui vont de la définition de la structure profonde de la lithosphère jusqu'à celle des dépôts sédimentaires actuels. Toutefois, c'est dans le domaine pétrolier que se réalisent la quasi-totalité (environ 95 %) des dépenses relatives aux études sismiques.

Magnétisme

Nous avons vu en gravimétrie que le paramètre fondamental dans la modélisation
était la densité. En géomagnétisme, c'est la **susceptibilité magnétique** des roches qui
joue un rôle semblable. Elle permet de caractériser la composition de ces roches.
Toutefois, le géomagnétisme est plus compliqué dans la description et l'utilisation
du vecteur champ en un point donné car ce vecteur n'est généralement pas vertical et
ses variations dans le temps sont beaucoup plus importantes que celles du champ de
la pesanteur.
La description du champ géomagnétique s'appuie sur deux systèmes de repères :
le repère géocentrique et le repère local. Le premier permet de définir la position
géographique de tout point sur le Globe Terrestre, tandis que le second permet de
caractériser l'intensité et l'orientation du vecteur champ magnétique en ce point.

Le champ géomagnétique varie dans le temps et dans l'espace. Les spectres de ses
variations dans le temps et dans l'espace sont très larges.

Il a été montré que toutes ces variations sont liées à des causes externes.
L'ensemble de ces processus constitue ce que l'on appelle le champ transitoire.
Le géophysicien interne s'intéresse plus particulièrement aux variations du champ liées au
processus interne. Ce champ d'origine purement interne est désigné sous le nom de
champ principal

LA PROSPECTION ÉLECTRIQUE

Cette méthode pour Décrire et quantifier les mesures de résistivité électrique d'un terrain par la technique très simple dite du *sondage électrique*

Il existe plusieurs techniques de cet outil, par exemple Le sondage vertical **:** En un point donné, centre du quadripôle, on augmente les dimensions du dispositif de mesure. Les courants injectés pénètrent de plus en plus profondément dans

le sol et la résistivité apparente est contrôlée par un nombre de plus en plus grand de couches.
aussi il existe Traînée et cartes de résistivité : On déplace un quadripôle de longueur fixe et en chaque point d'un profil, on mesure ρa. C'est la méthode dite des trainés de résistivité. Elle permet de mettre en évidence des variations horizontales de résistivité, par exemple liées à la présence de failles juxtaposant 2 terrains de résistivités différentes, ou révélant des structures archéologiques de type fondations enterrées, etc. En réalisant plusieurs trainés parallèles les uns aux autres, on peut obtenir une carte des résistivités mettant en évidence les variations latérales de ρa à une profondeur donnée, fonction de l'écartement constant entre les électrodes.

Flux de chaleur

Un capteur de flux est un nom ordinairement utilisé pour
un transducteur produisant un signal proportionnel au flux thermique local.
Ce flux de chaleur peut avoir des origines différentes, en principe les flux thermiques par convection, radiation et conduction peuvent être mesurés. Les capteurs de flux thermiques sont connus sous différents noms tels que transducteurs de flux thermique, jauges de flux thermiques, plaques de flux thermique. Ils sont constitués de petits thermocouples connectés en série.
Certains instruments sont en fait des capteurs spécifiques du flux thermique comme les pyranomètres (pour la mesure de rayonnement solaire). On trouve aussi les jauges de Boelter Schmidt (pour la mesure de flux de chaleur du feu).
Dans le SI le flux de thermique est mesuré en watts et la densité de flux thermique en watts par mètre carré.

La Géophysique externe

La géophysique externe étudie les propriétés physiques de l'environnement terrestre depuis les basses couches de l'atmosphère jusqu'au milieu interplanétaire.

- Le géomagnétisme externe étudie les variations rapides du champ géomagnétique (pulsations, baies, orages magnétiques),
- L'aéronomie spatiale, qui étudie la haute atmosphère (stratosphère, ionosphère), la magnétosphère, le vent solaire, les ceintures de Van Allen, les courants telluriques, l'énergie électromagnétique, etc) et les relations soli-terrestres, lesquelles sont à l'origine des aurores polaires.
- L'électricité atmosphérique (étude du rayonnement cosmique)
- La pression atmosphérique (chauffage de la Terre, flux de chaleur, la volcanologie, et les sources chaudes)

La Géophysique des couches-limites

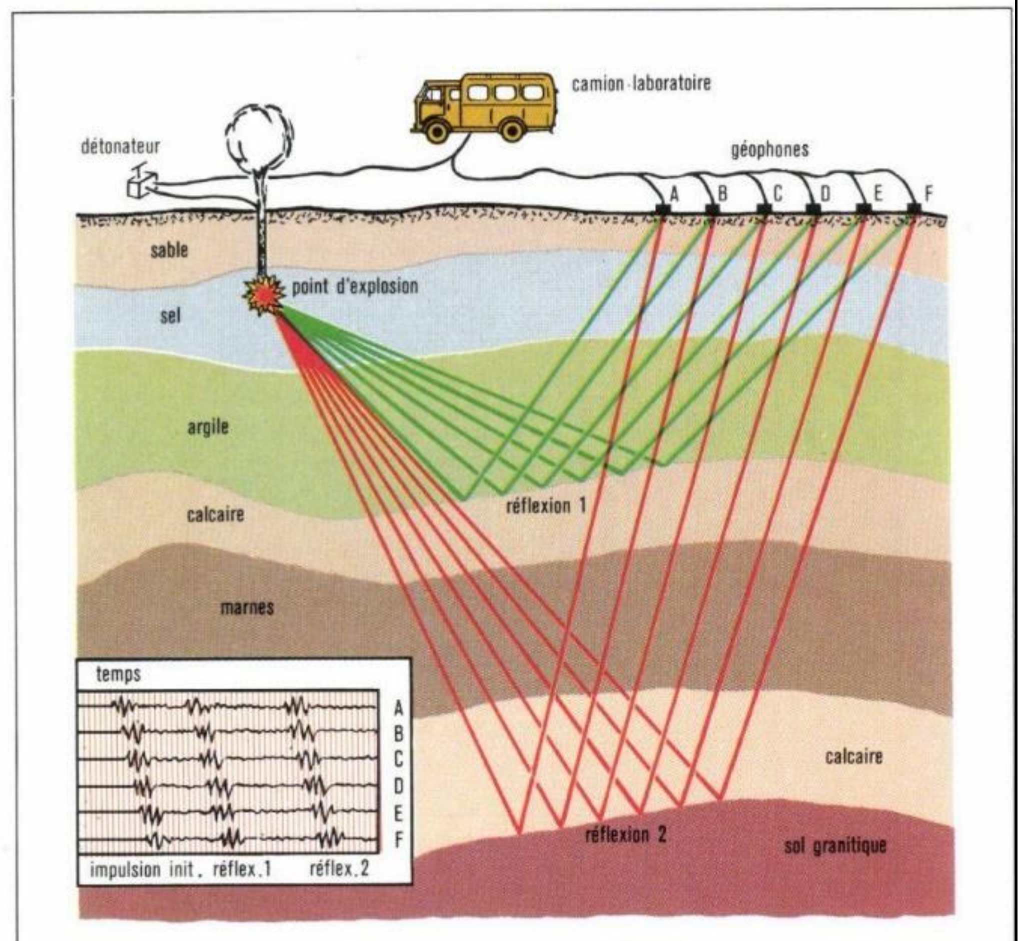
- L'océanographie et l'océanologie physique étudient les mouvements et les divers phénomènes océaniques (marées, courants, vagues…) ;
- L'hydrologie étudie notamment la physique, la chimie et la circulation des eaux dans les rivières et les lacs, et les variations de la nappe phréatique ;
- La météorologie s'occupe de la circulation des masses d'air et de la prévision des phénomènes atmosphériques, notamment du temps, des tempêtes et des ouragans ;
- La climatologie étudie les différents climats et explique les mouvements atmosphériques à grande échelle et à long terme ;
- La glaciologie étudie la nature physique et chimique des systèmes glaciaires et périglaciaires.

La géophysique dans l'industrie pétrolière

Au sein du département exploration/production, le géophysicien travaille en collaboration avec les géologues dans les projets d'exploitation pétrolière. Sa tâche principale est de détecter les zones contenant des hydrocarbures. Il contribue à déterminer la position des réservoirs, à mesurer leur profondeur, quantifier leur volume exploitable qui demande le plus souvent des sondages à des profondeurs assez importantes allant de 1000 à 4500 m (80% de gisement sont entre 2500 et 3500 m).

Ces grandes profondeurs demandent des techniques d'exploration particulières. Pour explorer le pétrole on recherche un système pétrolier dont la structure piège Constitue l'élément clé de localisation du gisement.

L'outils **sismique** est la seule technique qui permet d'explorer le sous-sol et d'investiguer la géométrie profonde des couches.



Exploration par la méthode sismique par réflexion avec un spécimen de la bande d'enregistrement de l'impulsion initiale, de la première réflexion et de la seconde réflexion fournies par les géophones.

Il existe 2 types de sismique : Sismique réfraction et Sismique réflexion, La sismique réfraction Elle est à l'origine de la découverte en 1956 du gisement de pétrole d'Hassi-Messaoud, le plus important d'Afrique, à une profondeur moyenne de 3300 m.

La méthode l'utilisée c'est : **Sismique réflexion,** car elle est la plus développée en géophysique dû à son utilisation à grande échelle pour l'exploration de pétrole et de gaz. Dans le cas des ouvrages de génie civil.

La méthodologie reste la même, mais les appareils et les paramètres doivent être ajustés pour permettre une plus grande résolution et précision à des profondeurs plus faibles que pour la recherche d'hydrocarbures.

Elle permet d'explorer le sous-sol à des profondeurs importantes. La sismique par réflexion étudie la réflexion d'ondes sismiques aux interfaces entre plusieurs couches géologiques. Elle permet d'avoir une image 2D ou 3D de surfaces typiquement de l'ordre de 1 000 km^2 pour des profondeurs inférieures à 10 km qui permet ensuite aux géologues des compagnies pétrolières d'estimer les probabilités de trouver du pétrole. Une étude sismique se décompose en 3 grandes étapes :

- Acquisition des données sismiques
- Traitement des données
- Interprétation.

Le principe d'acquisition consiste à générer une onde acoustique à la surface et d'en mesurer numériquement l'écho à partir d'une série de capteurs sismiques également en surface.

On utilise des canons à air comprimé en mer, des camions vibreurs ou de la dynamite à terre pour créer une onde qui va se propager sous terre. A l'aide d'une chaîne de 24 géophones alignés à la surface du sol et espacés les uns des autres de plusieurs mètres, L'onde créée est soit une impulsion (dynamite pour un dépôt de sable, airgun), soit une sinusoïde dont la fréquence varie sur un spectre défini pendant un temps t (camion vibreur utilisé partout où le terrain le permet). Dans ce dernier cas, la corrélation du signal enregistré en sortie de vibreur avec le signal pilote envoyé en entrée du vibreur donne une "wavelet" proche de l'impulsion désirée.

Une étape supplémentaire de traitement permet donc d'obtenir une image aussi nette qu'en utilisant des airguns ou de la dynamite

Les ondes émises se propagent suivant les lois de réflexion et réfraction de Snell-Descartes et sont en partie réfléchies à chaque changement de vitesse de propagation (couche géologique)

Elles sont reçues par des capteurs (hydrophones en mer ou géophones sur terre). L'étude sismique peut être monotrace ou multi traces. Dans ce dernier cas, en plus d'augmenter le rapport signal sur bruit,

il est possible de calculer les vitesses de propagation des ondes sismiques de compression dans chaque couche et le type de sédiments qui compose chaque couche à partir de la détermination des temps de propagation des premières arrivées des ondes sismiques directes et réfractées sur les sismogrammes pour quelques points de tir sismique le long de la ligne de géophones..

Cette information permet ensuite de convertir les données en profondeur.

De nombreux paramètres caractérisent une étude sismique. Les principaux sont :

- La dimension du profil sismique : 2D ou 3D ; Un profil de sismique est produit à la suite d’un levé de sismique réflexion par Des réflecteurs cohérents qui correspondent à la réflexion des ondes sismiques sur des interfaces telles que les contacts stratigraphiques entre des unités géologiques.
- L'espacement entre sources et récepteurs (taille du bin) ; les géophones alignés à la surface du sol et espacés les uns des autres de plusieurs mètres
- La couverture maximale (nombre de fois qu'une zone de la sous-surface est "éclairée").

Les données sismiques subissent ensuite de complexes traitements informatiques. Ceux-ci sont destinés à retirer le bruit, augmenter la résolution et compenser de nombreux effets physiques pour obtenir une résolution d'image maximale.

Le traitement des données se fait dans de grands Datacenters et peut prendre plus de 2 ans. C'est un domaine d'application de très nombreuses techniques de traitement du signal qui profite pleinement des grands progrès réalisés ces dernières décennies en informatique.

Dans le domaine de la recherche pétrolière, **l'interprétation** est généralement effectuée directement au sein des entreprises clientes. En associant les données de forages, des géologues estiment les probabilités de trouver des combustibles fossiles et guident donc le choix des opérations de forage postérieures.

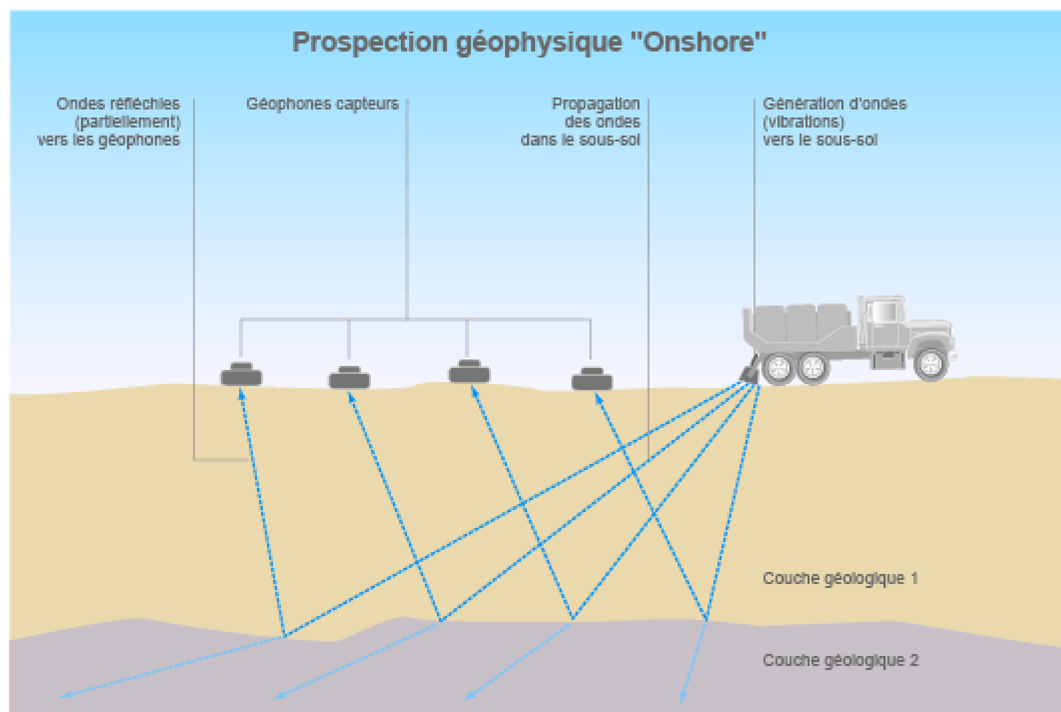


Figure 1 : plan de géophysique appliqué pour l'extrait des infos de sous-sol

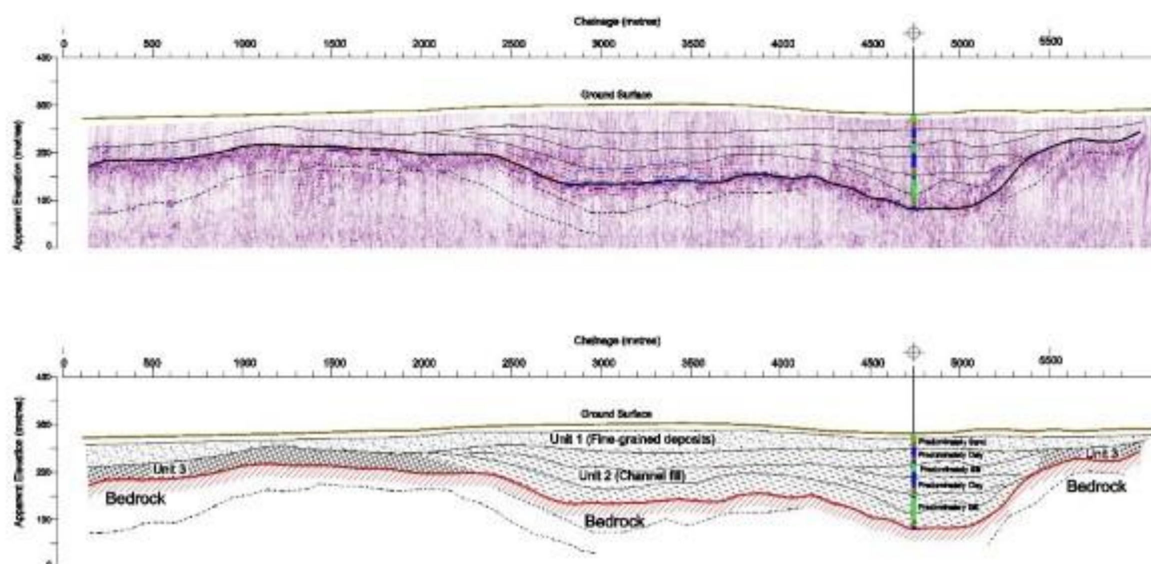


Figure 2 : traitement des informations obtenues par les géophones

L’importance de la géophysique

L’importance de La géophysique apparient dans notre vie quotidienne tels que : la météo ... Les différents climats et explique les mouvements atmosphériques à grande échelle et à long terme.

Aussi la géophysique appliquée explore le sous-sol pour un but pratique :

- Recherche de matières premières (pétrole, eau, minerais) : dans le domaine pétrolier il est nécessaire dans l’exploration de faire des études géologiques et géophysiques avant de faire le forage. Parce que la géophysique confirmes les informations obtenues par les géologues concernent les indices de l’existence de roches sédimentaires et le pétrole
- Recherche de dépôts de stockage définitif appropriés
- Investigation de sites contaminés, études géotechniques et archéologiques.

Conclusion

D’après toutes les informations précédentes on peut conclure que la géophysique c’est une branche très importante dans notre vie quotidienne. Et spécialement dans notre domaine pétrolière. Grâce à là on peut continuer l’exploration et l’exploitation des hydrocarbures sous-sol et les produisez . et aussi dans des dizaines des branches tels que Météo , Océanologie, Hydrologie ..etc.

Bibliographie

I. Géophysique Cours et exercices corrigés par Jacques Dubois et Michel Diament, Pascal Cogné
II. Module de géophysique par Université de la Nouvelle-Calédonie
III. https://www.geologieportal.ch/fr/themes/bases-de-la-geologie/geophysique.html#who_is_who
IV. https://ground.geophysicsgpr.com/fr/techniques-de-geophysique-terrestre/methodes-sismiques-de-geophysique/reflexion
V. https://www.meteojob.com/fiches-metiers/metier-geophysicien-industrie-petrole.html#:~:text=Sa%20t%C3%A2che%20principale%20est%20de,sous%2Dsol%20de%20la%20Terre.
VI. https://f2school.com/geophysique-petroliere-cours-et-resumes/
VII. La géophysique appliquée: Connaissance et valorisation du sous-sol au service des enjeux sociétaux – ENS Lyon
VIII. Méthodes géophysiques appliquées ä l'exploration géothermique en contexte insulaire volcanique Synthèse bibliographique Rapport final BRGWRP-53137-FR octobre 2004
IX. https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ophysique
X. https://fr.wikipedia.org/wiki/Imagerie_sismique